

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
9. August 2001 (09.08.2001)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 01/57790 A2

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: G06K 19/00

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP01/01058

(22) Internationales Anmeldedatum:
1. Februar 2001 (01.02.2001)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
100 04 922.2 4. Februar 2000 (04.02.2000) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): GIESECKE & DEVRIENT GMBH [DE/DE];
Prinzregentenstrasse 159, 81677 München (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): BALDISCHWEILER, Michael [DE/DE]; Hansjakobstrasse 99, 81825 München (DE). FINKENZELLER, Klaus [DE/DE]; Georg-Wopfinger-Strasse 54, 80939 München (DE).

(74) Anwalt: KLUNKER, SCHMITT-NILSON, HIRSCH; Winzererstrasse 106, 80797 München (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (national): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CR, CU, CZ, DK, DM, DZ, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (regional): ARIPO-Patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR), OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes, und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(54) Title: TRANSPONDER, ESPECIALLY FOR A CONTACTLESS CHIP CARD

(54) Bezeichnung: TRANSPONDER, INSBESONDERE FÜR EINE KONTAKTLOSE CHIPKARTE

(57) Abstract: A transponder that is located, for instance in a contactless chip card, receives energy from a high frequency alternating field via an antenna (L2). A voltage (U_{da}) formed with a rectifier (12) is supplied to a clock generator (14) having a pulse frequency-adjustment device as reference input variable. The voltage (U_{da}) is adjusted downward by increasing the pulse frequency for a digital circuit (10) in case of high field intensity in the antenna. If no further increase of the pulse frequency of the clock signal (CLK) is no longer possible, is charging pump (16) for an EPROM (18) is connected with the purpose of accelerating its writing speed. Optionally, a conventional shunt regulator can also be connected. An interface circuit (20) is not affected by the adjusted pulse frequency. Said circuit operates with a fixed frequency during communication with a reading device.

(57) Zusammenfassung: Ein in beispielsweise einer kontaktlosen Chipkarte befindlicher Transponder empfängt über eine Antenne (L2) Energie aus einem hochfrequenten Wechselfeld. Eine mit einem Gleichrichter (12) gebildete Spannung (U_{da}) wird als Führungsgrösse auf einen Taktgeber (14) mit Taktfrequenz-Einstelleinrichtung gegeben. Bei hoher Feldstärke an der Antenne wird die Spannung (U_{da}) durch Erhöhung der Taktfrequenz für eine digitale Schaltung (10) heruntergeregelt. Ist eine weitere Steigerung der Taktfrequenz des Taktsignals (CLK) nicht mehr möglich, wird eine Ladungspumpe (16) für ein EPROM (18) zugeschaltet, um dessen Schreibgeschwindigkeit heraufzusetzen. Gegebenenfalls kann auch noch ein konventioneller Shuntregler zugeschaltet werden. Von der verstellten Taktfrequenz nicht betroffen ist eine Schnittstellenschaltung (20). Diese arbeitet mit fester Frequenz bei der Kommunikation mit einem Lesegerät.

WO 01/57790 A2

Transponder, insbesondere für eine kontaktlose Chipkarte

Die Erfindung betrifft einen Transponder, insbesondere einen Transponder
5 für eine kontaktlose Chipkarte. Der Begriff Transponder bezeichnet hier eine
Anordnung aus einer Antenne und einer elektronischen Schaltung, insbe-
sondere in Form eines Chips, wobei die für den Betrieb des Chips erforderli-
che Energie ebenso wie Daten über die als Spule ausgebildete Antenne emp-
fangen wird. Derartige Transponder werden in kontaktlosen Chipkarten, in
10 auf Waren angebrachten Etiketten, in Schlüsseln, insbesondere Autoschlüs-
seln als Wegfahrsperre, aber auch - üblicherweise in eine Glas- oder Porzel-
lankapsel eingebaut - in Tierkörpern zur Identifikation verwendet.

Diese Transponder sind ausgelegt für den unidirektionalen oder bidirektio-
15 nalen Datenaustausch mit einem externen Gerät, welches hier als Lesegerät
bezeichnet werden soll. Das Lesegerät strahlt über eine Antenne ein hochfre-
quentes Magnetfeld ab, wobei der Transponder in mehr oder weniger großer
Nähe des Lesegeräts dem Magnetfeld Energie über eine großflächige Spule
entnimmt. Gleichzeitig mit der Energieaufnahme leitet der Transponder ein
20 Taktsignal ab. Aufbau und Arbeitsweise derartiger Transponder sind im
Stand der Technik ausführlich beschrieben, beispielsweise wird verwiesen
auf die US-PS 5 841 123, den Artikel „Kontaktlose Chipkarten“ von Klaus
Finkenzeller, Funkschau 19/98, Seiten 40-43 und Klaus Finkenzeller, RFID-
Handbuch, Carl Hanser Verlag, München/Wien, 1999.

25 Um das Verständnis der Erfindung zu erleichtern, sollen nachfolgend
grundlegende Merkmale eines Transponders erläutert werden, die später
anhand der Figurenbeschreibung näher dargestellt werden.

30 Ein Lesegerät strahlt über eine Antenne ein hochfrequentes Magnetfeld von
zum Beispiel 13,56 MHz ab. Befindet sich die Antenne eines Transponders in
diesem Magnetfeld, so wird aufgrund der Gegenkopplung zwischen den

beiden Antennen in den Transponder Energie eingekoppelt. Die für den Transponder verfügbare elektrische Leistung ist proportional zu der magnetischen Feldstärke an der Antenne. Die Feldstärke am Transponder ist umgekehrt proportional zur Entfernung ($1/x^3$) vom Lesegerät und ändert sich
5 somit im Betriebszustand sehr stark.

Der Mikrochip benötigt eine konstante Versorgungsspannung, der Betrieb erfolgt bei konstanter Taktfrequenz. Bei sehr kurzen Abständen zwischen Lesegerät und Transponder würde ohne Gegenmaßnahmen die in dem
10 Transponder induzierte Spannung die benötigte Versorgungsspannung übersteigen. Es wird daher parallel zu der Last ein Shuntregler geschaltet, der im Fall einer erhöhten induzierten Spannung im Transponder zur Konstanthaltung der Versorgungsspannung überschüssige Leistung in Wärme umwandelt.

15

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen Transponder anzugeben, bei dem die in dem Transponder verfügbare elektrische Leistung besser ausgenutzt wird als bei bekannten Transpondern.

20 Zu diesem Zweck schafft die Erfindung einen Transponder mit einer internen digitalen Schaltung, die von einem Taktgeber mit einem eine Taktfrequenz aufweisenden Taktsignal betrieben wird, und mit einer internen Energieversorgung, die kontaktlos durch ein äußeres Wechsel-Magnetfeld gespeist wird. Erfindungsgemäß ist bei diesem Transponder vorgesehen,
25 daß der Taktgeber eine Taktfrequenz-Einstelleinrichtung aufweist, die die Taktfrequenz des Taktsignals abhängig von der Feldstärke des äußeren Magnetfelds am Transponder einstellt.

Der Begriff „abhängig von der Feldstärke“ bedeutet, daß die Einstellung der Taktfrequenz des Taktsignals entweder direkt abhängig von der Feldstärke, oder indirekt abhängig von der Feldstärke eingestellt wird. Man kann die Feldstärke messen und abhängig von dem Meßergebnis die Taktfrequenz
5 einstellen, man kann aber auch die Taktfrequenz abhängig von der induzierten Spannung verändern, da die induzierte Spannung von der Feldstärke an der Antenne abhängt. Bei dem erfindungsgemäßen Transponder wird die Taktfrequenz, mit dem die digitale Schaltung (Mikrochip) arbeitet, abhängig von der Feldstärke, das heißt abhängig von dem Abstand zwischen Lese-
10 gerät und Transponder, nachgeführt. Bei geringen Abständen zwischen Lese-gerät und Transponder steht relativ viel Energie im Transponder zur Verfügung. Dementsprechend kann die Taktfrequenz erhöht werden. Anstatt die überschüssige Energie mit Hilfe des Shuntreglers zu vernichten, wird die Taktfrequenz des Taktsignals erhöht.

15 Betrachtet man einen typischen Mikrochip, der in CMOS-Technologie ausgeführt ist, so entspricht der Energieverbrauch P in einer solchen Schaltung

$$P = C_L \times U_{dd}^2 \times f_d$$

20 wobei

P = in einem Gatter verbrauchte Leistung

25 C_L = Schaltungskapazität des Gatters

U_{dd} = Betriebsspannung

30 f_d = mittlere Arbeitsfrequenz (Taktfrequenz).

Bei konstanten oder nahezu konstanten Werten von C_L und U_{dd} ergibt sich also eine lineare Abhängigkeit zwischen dem Energieverbrauch der CMOS-Schaltung einerseits und der Taktfrequenz des Arbeitstaktes andererseits.

- Durch die erfindungsgemäße Maßnahme wird also bei Abständen zwischen Transponder und Lesegerät, die unter der maximal möglichen Entfernung liegen, die Taktfrequenz stufenlos oder in Stufen erhöht, so daß die Arbeits-
5 vorgänge in dem Mikrochip schneller ablaufen. Die früher ausschließlich durch den Shuntregler vernichtete überschüssige Energie wird erfindungsgemäß also zur Erhöhung der Arbeitsgeschwindigkeit, das heißt zur Verkürzung der Gesamtarbeitszeit genutzt.
- 10 Andererseits kann aber auch die erfindungsgemäße Maßnahme dazu genutzt werden, die Entfernung herabzusetzen, bis zu der noch Energie von dem Lesegerät in den Transponder eingespeist werden kann. Bei relativ großen Entfernungen kann die Taktfrequenz bis an eine noch zulässige Grenze verringert werden, so daß die Komponenten des Mikrochips gerade noch
15 funktionstüchtig sind. Es hat sich gezeigt, daß durch die erfindungsgemäße Maßnahme die Reichweite des Transponders, das heißt der für den Betrieb mindestens einzuhaltende Maximalabstand zwischen Lesegerät und Transponder um circa 30 bis 50 % vergrößert werden kann.
- 20 Üblicherweise besitzen Transponder einen Gleichrichter am Ausgang der Empfangsantenne. Die von dem Gleichrichter gelieferte unregelmäßige Spannung wird in einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung als Istwert und Regelgröße verwendet, sie wird mit einer intern erzeugten Referenzspannung verglichen, und aus dem Differenzsignal - welches repräsentativ
25 für die Feldstärke und den Abstand zwischen Lesegerät und Transponder ist - wird die Taktfrequenz des Arbeitstakts für den Mikrochip eingestellt.

Zur Realisierung der Takteinstellung gibt es mehrere Möglichkeiten. Bevorzugt wird erfindungsgemäß der Einsatz eines spannungsgesteuerten Oszilla-

tors (VCO), dessen Eingang die unregelte Spannung aus dem Gleichrichter zugeführt wird, und dessen Ausgang das Taktsignal liefert, wobei dieses Taktsignal gegebenenfalls noch weiter verarbeitet wird, beispielsweise auf einen Signalformer und/oder einen Frequenzteiler gegeben wird.

5

In einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung wird die Taktfrequenzeinstellung mit Hilfe eines einstellbaren Frequenzteilers realisiert. Zu diesem Zweck wird das aus einem Referenzsignal und der unregelten Spannung des Gleichrichters gewonnene Differenzsignal von einem Analog-

10

Digital-Umsetzer in einen Digitalwert umgesetzt, gegebenenfalls noch zusätzlich bearbeitet, und dann dem Einstelleingang eines einstellbaren Frequenzteilers zugeführt, dessen Signaleingang das vom Transponder empfangene Taktsignal fester Frequenz (z.B. 13,56 MHz) zugeleitet wird. Am Ausgang des einstellbaren Frequenzteilers wird dann das Taktsignal gebil-

15

det. Je geringer der Abstand zwischen Lesegerät und Transponder, desto höher ist die unregelte Spannung am Ausgang des Gleichrichters, desto höher ist die Differenz bezüglich der Referenzspannung, desto größer ist der durch den A/D-Wandler gewonnene Digitalwert, und desto kleiner ist der Divisor des Frequenzteilers, und dementsprechend hoch ist das Ausgangssignal des Frequenzteilers als Taktsignal.

20

Es sei darauf hingewiesen, daß die Einstellung des Taktsignals ausschließlich die rein internen Betriebsabläufe des Transponders betrifft. Für die Kommunikation mit dem Lesegerät ist eine feste, genormte Taktfrequenz erforderlich. Diese Taktfrequenz wird von dem Lesegerät über das hochfrequente Magnetfeld auf den Transponder übertragen und wird in dem Transponder für den Betrieb einer Schnittstellenschaltung aufbereitet.

25

Komponenten in der digitalen Schaltung des Transponders, die von einem in der Frequenz einstellbaren Taktsignal betrieben werden, sind beispielsweise ein RAM, ein Microcontroller, ein EEPROM, etc. Die erfindungsgemäße Maßnahme, die Taktfrequenz abhängig vom Abstand zwischen Transponder und Lesegerät zu verändern, führt bei sehr geringen Abständen zu entsprechend hohen Taktfrequenzen. Es gibt natürlich eine Obergrenze für die Taktfrequenz. In einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, daß bei Erreichen einer definierten Maximal-Taktfrequenz

10

- eine Ladungspumpe zugeschaltet wird, um die Schreibgeschwindigkeit eines zu der digitalen Schaltung gehörigen EEPROMs zu steigern und/oder

15

- ein Shuntregler in Betrieb gesetzt wird, um überschüssige Energie mit Hilfe eines ohmschen Widerstandselements in Wärme umzusetzen.

Der optimale Betrieb bei sehr kleinen Abständen zwischen Transponder und Lesegerät läuft also in der Weise ab, daß überschüssige Energie zunächst zur Erhöhung der Taktfrequenz des Arbeitstakts genutzt wird. Ist die Maximal-Taktfrequenz erreicht, so wird die Ladungspumpe für den Betrieb des EEPROMs des Mikrochips zugeschaltet, und wenn die Ladungspumpe bei größtmöglicher Leistung arbeitet, wird letztlich noch der an sich bekannte Shuntregler aktiviert.

25

Die Erfindung eignet sich insbesondere für die Verwendung in einer Chipkarte, jedoch sind auch andere Verwendungsmöglichkeiten gegeben, so zum Beispiel kann der erfindungsgemäße Transponder ganz allgemein in einem Identifizierungselement eingesetzt werden, beispielsweise einem Etikett,

welches an Waren, an Regalen und dergleichen angebracht wird. Möglich ist auch die Verwendung in einem Schlüssel zum Öffnen von Türen oder in einem Zündschlüssel zum Lösen einer Wegfahrsperre. Eine weitere Einsatzmöglichkeit ist der Einsatz bei Zuchttieren in landwirtschaftlichen Betrieben zur Erleichterung der Verwaltung und der Fütterung.

Im folgenden werden Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand der Zeichnung näher erläutert. Es zeigen:

10 Fig. 1 ein Ersatzschaltbild eines bekannten Transponders in Verbindung mit einem schematisch dargestellten Lesegerät;

Fig. 2 ein Ersatzschaltbild eines Transponders mit einem Shuntregler zur Spannungsregelung;

15

Fig. 3 ein Blockschaltbild einer Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Transponders;

Fig. 4 eine graphische Darstellung des Widerstands eines Shuntreglers in Abhängigkeit des Kopplungsfaktors zwischen einer Empfangsantenne eines Transponders und einem äußeren Magnetfeld;

20

Fig. 5 ein vereinfachtes Blockschaltbild einer speziellen Ausführungsform einer Taktfrequenz-Einstelleinrichtung; und

25

Fig. 6 ein Blockschaltbild einer weiteren speziellen Ausführungsform einer Taktfrequenz-Einstelleinrichtung des erfindungsgemäßen Transponders.

Gemäß Figur 1 strahlt ein Lesegerät L über eine Antenne L1 ein hochfrequentes Magnetfeld von zum Beispiel 13,56 MHz ab. Befindet sich die Antenne L2 eines Transponders T in diesem Magnetfeld, so wird aufgrund der Gegenkopplung M zwischen den beiden Antennen L1 und L2 in den Transponder T Energie eingekoppelt, durch den Widerstand R2 des Eingangskreises fließt ein Strom i_2 . Mit RL ist die Last bezeichnet, die durch einen Mikrochip gebildet wird. Parallel zu der Last RL liegt ein Kondensator C, der zusammen mit der Antenne L2 einen Schwingkreis bildet, welcher auf die Sendefrequenz des Lesegeräts L abgestimmt ist.

10

Die für den Transponder verfügbare elektrische Leistung ist proportional zu der magnetischen Feldstärke an der Antenne L2. Damit die für den Betrieb des Mikrochips benötigte Energie empfangen wird, muß die Antenne L2 einen Mindestabstand von dem Lesegerät L haben. Aus dem Verlauf der Feldstärke in Abhängigkeit des Abstands von der Antenne L1 des Lesegeräts L ist ersichtlich, daß sich die Feldstärke in den derzeit üblichen Arbeitsbereichen bekannter Chipkarten um mehr als den Faktor 30 ändern kann (Feldstärke $H = 0,15 \dots 5 \text{ [A/m]}$).

15

20

Der Mikrochip benötigt eine konstante Versorgungsspannung, der Betrieb erfolgt bei konstanter Taktfrequenz. Die in Figur 1 dargestellte Schaltung ist so ausgelegt, daß dann, wenn die Antenne L2 einen definierten Mindestabstand von der Antenne L1 hat, die benötigte Versorgungsspannung für den Betrieb der Komponenten des Mikrochips (RAM, EEPROM, Microcontroller, etc.) gerade erreicht wird. Bei kürzeren Abständen zwischen Lesegerät L und Transponder T würde ohne Gegenmaßnahmen die in dem Transponder induzierte Spannung die benötigte Versorgungsspannung übersteigen.

25

Gemäß Figur 2 wird daher parallel zu der Last RL ein Shuntregler RS geschaltet, also ein Nebenschluß-Widerstand, der im Fall einer erhöhten induzierten Spannung im Transponder zur Konstanthaltung der Versorgungsspannung U2 überschüssige Leistung in Wärme umwandelt.

5

Abhängig von der Entfernung zwischen Lesegerät L und Transponder T ist also der Shuntregler im Ruhezustand, d.h. hochohmig, (wenn der Transponder T die maximale, einen Betrieb des Transponders ermöglichende Entfernung überschreitet), oder der Shuntregler RS ist maximal stromleitend, nämlich dann, wenn der kleinste Abstand zwischen Lesegerät L und Transponder T vorhanden ist. Bei dem in Figur 2 gezeigten Ersatzschaltbild des Transponders T ist der Shuntregler RS als veränderbarer Widerstand dargestellt. Die konkrete Ausgestaltung von Shuntreglern in integrierten Chips ist dem Fachmann bekannt.

15

Figur 4 zeigt den Eingangswiderstand des Shuntreglers RS in Abhängigkeit des Kopplungsfaktors zwischen der Antennenspule des Transponders und der Antennenspule des Lesegeräts. Eine Vergrößerung des Kopplungsfaktors k entspricht einer Verringerung des Abstands zwischen den beiden Antennen.

20

Wie man in Figur 4 erkennt, ist bei einem sehr kleinen Kopplungsfaktor (großem Abstand) zwischen den Antennen der Eingangswiderstand des Shuntreglers RS unendlich hoch, um dann bei Erreichen der maximalen Betriebsentfernung rasch abzunehmen.

25

Bei dem Entwurf eines Transponders muß die Energieversorgung derart ausgelegt werden, daß der Mikrochip bei einer vorgegebenen maximalen

Entfernung zwischen Lesegerät und Transponder betriebsfähig ist. In diesem Zustand ist der Shuntregler noch nicht aktiv.

Die oben genannte Forderung beim Entwurf eines Transponders bedeutet
5 aber auch, daß immer dann, wenn der Transponder von dem Lesegerät eine den Maximalabstand unterschreitende Entfernung aufweist, der Shuntregler aktiv ist, um durch Umsetzen der zusätzlich aufgenommenen Leistung in Wärme die Spannung U_2 konstant zu halten. Sobald sich der Transponder für den Datenaustausch mit dem Lesegerät letzterem annähert, wird also mit
10 dem Unterschreiten der maximal möglichen Entfernung mehr Energie in den Transponder eingekoppelt, als für den Betrieb notwendig ist.

Figur 3 zeigt eine Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Transponders
2. Der Transponder 2 enthält die oben bereits angesprochene, als Flachspule ausgebildete Empfangsantenne L_2 , an die ein Gleichrichter 12 angeschlossen
15 ist. An den Ausgang des Gleichrichters 12 ist ein Mikrochip 10 angeschlossen, der von dem Gleichrichter 12 die gleichgerichtete Ausgangsspannung U_{dd} empfängt. Diese Spannung U_{dd} wird auch von einer Taktfrequenz-Einstelleinrichtung enthaltenen Taktgeber 14 empfangen, der die Taktfre-
20 quenz CLK des Mikrochips 10 abhängig von der induzierten und gleichgerichteten Spannung U_{dd} regelt. Diese Abhängigkeit der Frequenz des Taktsignals CLK von der induzierten Spannung ist in dem Block des Taktgebers 14 durch die Funktion $f(u)$ angedeutet.

25 Die einzelnen Komponenten des Mikrochips sind hier nicht sämtlich einzeln dargestellt. Dargestellt ist ein EPROM 18 sowie eine Ladungspumpe 16, auf die weiter unten noch eingegangen wird. Über einen Bus 22 ist der Mikrochip 10 mit einer Schnittstellenschaltung 20 verbunden. Diese Schnittstellenschaltung 20 erhält von einem Modem 24 ein von dem Lesegerät über das
30 hochfrequente Magnetfeld geliefertes Taktsignal, hier mit einer Frequenz

von 13,56 MHz. Zum Senden von Daten gibt die Schnittstellenschaltung 20 Sendedaten an das Modem 24, so daß die Daten über die Antenne L2 abgestrahlt werden.

- 5 In Figur 3 ebenfalls nicht dargestellt ist ein in dem Mikrochip 10 vorhandener Shuntregler, wie er in der Ersatzschaltung der Figur 2 rechts dargestellt ist.

Wenn die Antenne L2 des in Figur 3 dargestellten Transponders 2 in die Nähe eines hier nicht dargestellten Lesegeräts gelangt und dabei einen bestimmten Abstand zu dem Gerät unterschreitet, liefert der Gleichrichter 12 eine gleichgerichtete Spannung U_{dd} , die so groß ist, daß der Betrieb des Mikrochips 10, mithin des gesamten Transponders möglich ist. Wird der Abstand zu dem Lesegerät noch verringert, steigt die Spannung U_{dd} etwas an, wobei allerdings der Spannungswert bis auf eine bleibende Regelabweichung mit Hilfe der erfindungsgemäßen Taktfrequenz-Einstellschaltung 14 über die frequenzabhängige Stromaufnahme des Mikrochips heruntergeregelt wird.

20 Während bei früheren Transpondern der Betrieb bei einer festen, durch Teilung der Sendefrequenz des Lesegerätes erzeugten Frequenz, beispielsweise 3,39 MHz ($13,56\text{MHz}/4$), erfolgt, wird bei dem in Figur 3 dargestellten Transponder bereits ein Betrieb bei einer viel niedrigeren Frequenz ermöglicht. Wenn allerdings die Entfernung zwischen Lesegerät und Transponder über einen gewissen Wert hinaus zunimmt, findet kein Betrieb im Transponder statt. Nach Unterschreiten der Reichweite wird in den Transponder 25 mehr Energie eingespeist, als für den Betrieb des Transponders an sich nötig wäre. Diese überschüssige Energie wird zur Erhöhung der Taktfrequenz des

Arbeitstakts CLK genutzt, was die Leistungsfähigkeit des Transponders 2 steigert.

5 Bezugnehmend auf Figur 5 wird eine erste spezielle Ausführungsform des Taktgebers 14 gemäß Figur 3 erläutert, in Figur 5 mit dem Bezugszeichen 14A versehen.

Die von dem Gleichrichter 12 kommende Gleichspannung U_{dd} wird in einem Vergleich 30 mit einer intern in dem Transponder erzeugten Referenzspannung u_{ref} verglichen. Die Spannungsdifferenz Δu wird von einem Analog-Digital-Umsetzer (ADU) 32 in einen Digitalwert umgewandelt, der auf einen Einstelleingang eines einstellbaren Frequenzteilers 34 gegeben wird. Der Signaleingang des Frequenzteiler 34 erhält ein, aus der an der Spule L2 induzierten Spannung abgeleitetes Signal mit einer festen Frequenz f_1 (z.B. 15 13,56 MHz). Alternativ kann das Signal mit der festen Frequenz f_1 auch durch einen im Transponder angeordneten Oszillator 36 erzeugt werden.

Abhängig von dem an den Einstelleingang gegebenen Digitalwert wird die relativ hohe Frequenz f_1 geteilt, so daß die Frequenz des Arbeitstakts CLK am Ausgang des Frequenzteilers 34 bei hoher Spannung U_{dd} , also hohem Differenzsignal Δu entsprechend hoch ist. 20

Ist die Frequenz des Arbeitstakts CLK aufgrund des geringen Abstands zwischen dem Transponder 2 und dem Lesegerät so hoch, daß eine weitere Steigerung nicht möglich ist für den Betrieb des Mikrochips 10, so wird die in 25 Figur 3 schematisch angedeutete Ladungspumpe 16 für den EPROM 18 zugeschaltet. Mit Hilfe der Ladungspumpe läßt sich die Schreibgeschwindigkeit beim Beschreiben des EPROMs steigern.

Es sind Ausführungsformen mit und ohne Shuntregler in dem Mikrochip 10 möglich. Ein solcher Shuntregler kann alternativ zu der Ladungspumpe 16 aktiviert werden, wenn die maximale Taktfrequenz erreicht wird, der Shuntregler kann aber auch als drittes Element zur Konstanthaltung der Spannung U_{dd} eingesetzt werden, falls die Taktfrequenz bis an die Maximalgrenze gesteigert wurde und auch die Ladungspumpe 16 mit maximaler Leistung arbeitet.

Figur 6 zeigt eine Alternative für den Taktgeber nach Figur 5. Der in Figur 6 gezeigte Taktgeber 14B liefert das wie in Figur 5 gewonnene Differenzsignal Δu an einen spannungsgesteuerten Oszillator (VCO) 40. Bei geringen Entfernungen zwischen Transponder und Lesegerät und entsprechend großem Differenzsignal Δu ist die Ausgangsfrequenz des VCO 40 relativ hoch, bei kleinem Signal Δu ist die Frequenz des Ausgangssignals des VCO 40 relativ niedrig. An den VCO können noch weitere Signalverarbeitungsschaltungen angeschlossen sein, beispielsweise Signalformerschaltungen, Frequenzteiler etc. Der Vorteil dieser Ausführungsform besteht darin, daß die maximale Ausgangsfrequenz des VCO auch größer als die an der Spule L2 eingekoppelte Taktfrequenz des Lesegerätes (13,56 MHz) sein kann (mit CMOS über 50 MHz nach aktuellem Stand).

Der erfindungsgemäße Transponder wird in eine kontaktlose Chipkarte integriert, die - weil im Prinzip bekannt - in der Zeichnung nicht dargestellt ist. Ebenso bekannt sind weitere Einsatzmöglichkeiten von Transpondern, so zum Beispiel die Einkapselung zur Verabreichung bei Tieren, der Einbau in einen Autoschlüssel für eine automatische Wegfahrsperre und dergleichen. Der erfindungsgemäße Transponder findet bei all diesen Einsatzmöglichkeiten Anwendung.

Patentansprüche

1. Transponder, mit einer internen digitalen Schaltung (10), die von einem Taktgeber (14) mit einem eine Taktfrequenz aufweisenden Taktsignal betrieben wird, und mit einer internen Energieversorgung (12), die kontaktlos durch ein äußeres Wechsel-Magnetfeld gespeist wird, dadurch **gekennzeichnet**, daß der Taktgeber eine Taktfrequenz-Einstelleinrichtung (30-34; 40) aufweist, die die Taktfrequenz des Taktsignals (CLK) abhängig von der Feldstärke des äußeren Magnetfelds am Transponder (2) einstellt.
5
2. Transponder nach Anspruch 1, mit einer Empfangsantenne (L2) für das Magnetfeld und mit einem an die Empfangsantenne angeschlossenen Gleichrichter (12), dadurch **gekennzeichnet**, daß die am Ausgang des Gleichrichters anstehende, unregelte Spannung (U_{dd}), die repräsentativ für die Feldstärke des Magnetfelds an der Empfangsantenne ist, als Stellsignal der Taktfrequenz-Einstelleinrichtung (14) zugeführt wird.
10
3. Transponder nach Anspruch 2, dadurch **gekennzeichnet**, daß die Taktfrequenz-Einstelleinrichtung als spannungsgesteuerter Oszillator (VCO) (40) ausgebildet ist, dessen Eingang die unregelte Spannung oder ein aus dieser abgeleiteter Signalwert zugeführt wird, und dessen Ausgang das Taktsignal oder ein Vorläufersignal des Taktsignals (CLK) liefert.
15
20
25

4. Transponder nach Anspruch 2, dadurch **gekennzeichnet**, daß die Taktsignal-Einstelleinrichtung aufweist:

- einen Analog-Digital-Wandler (32), der die unregelte Spannung in einen Digitalwert umsetzt;

- einen Frequenzteiler mit verstellbarem Teilungsverhältnis,
i) der an einem ersten Eingang mit einem Signal fester Frequenz beaufschlagt wird, welches aus einer an der Spule L2 induzierten Spannung abgeleitet wird, und
ii) dessen zweiter Eingang durch den Analog-Digital-Wandler (32) ein aus der unregelten Spannung abgeleitetes Divisor-Signal empfängt, und
iii) dessen Ausgang das Taktsignal (CLK) abgibt.

5. Transponder nach einem der Ansprüche 1 bis 4, mit einer Schnittstellschaltung (20), die dem Datenaustausch mit einem externen Gerät dient und die mit einem Kommunikations-Taktsignal fester Frequenz betrieben wird.

6. Transponder nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch **gekennzeichnet**, daß die Taktfrequenz des Taktsignals (CLK) innerhalb eines definierten Arbeitsbereichs der am Transponder durch das Magnetfeld verfügbaren Energie linear abhängig nachgeführt wird.

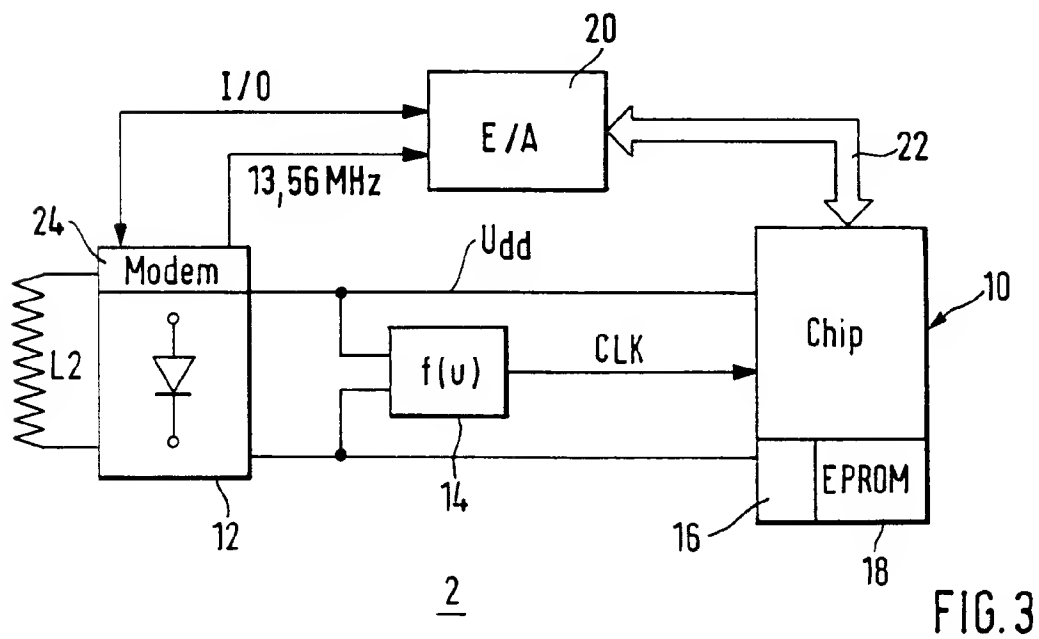
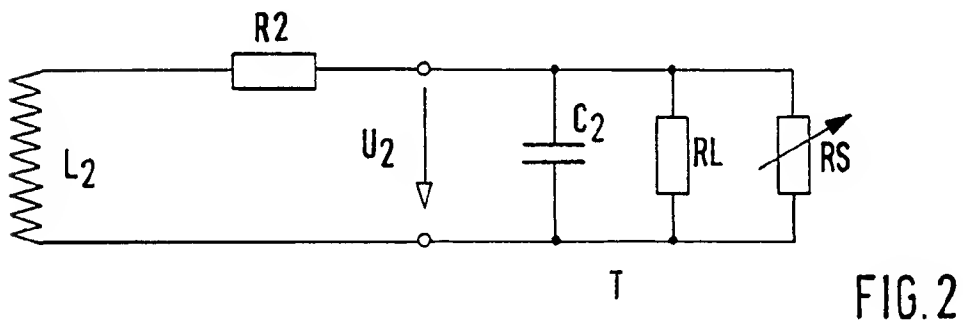
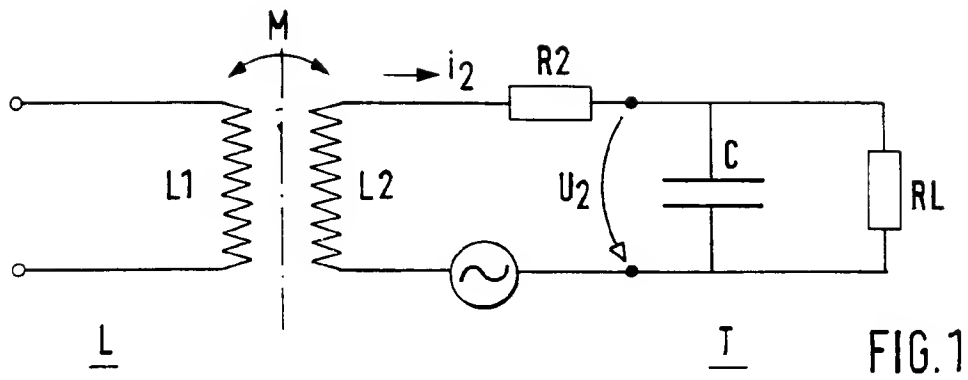
7. Transponder nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch **gekennzeichnet**, daß die Taktfrequenz gegenüber einer definierten Nenn-Taktfrequenz abgesenkt wird, um auch dann einen Betrieb der digitalen Schaltung (10) zu ermöglichen, wenn die Feldstärke des Magnetfelds am Transponder einen Nennwert unterschreitet.

8. Transponder nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch **gekennzeichnet**, daß bei Erreichen einer definierten Maximal-Taktfrequenz
- 5
- eine Ladungspumpe zugeschaltet wird, um die Schreibgeschwindigkeit eines zu der digitalen Schaltung (10) gehörigen EPROMs (18) zu steigern; und/oder
 - ein Shuntregler (RS) in Betrieb gesetzt wird, um überschüssige Energie mit Hilfe eines ohmschen Widerstandselements in Wärme

10

 - umzusetzen.
9. Transponder nach einem der Ansprüche 4 bis 8, dadurch **gekennzeichnet**, daß der erste Eingang des Frequenzteilers mit einem Oszillator, der ein Signal fester Frequenz liefert, verbunden ist.
- 15
10. Kontaktlose Chipkarte mit einem Transponder nach einem der Ansprüche 1 bis 9.
11. Identifizierungselement mit einem Transponder nach einem der Ansprüche 1 bis 9.
- 20
12. Identifizierungselement nach Anspruch 11 in Form eines Autoschlüssels als elektronischer Schlüssel zum Lösen einer elektronischen Wegfahrsperre.
- 25
13. Identifizierungselement nach Anspruch 11 mit einer Kapsel zum Inkorporieren in ein Lebewesen.

1/2



2/2

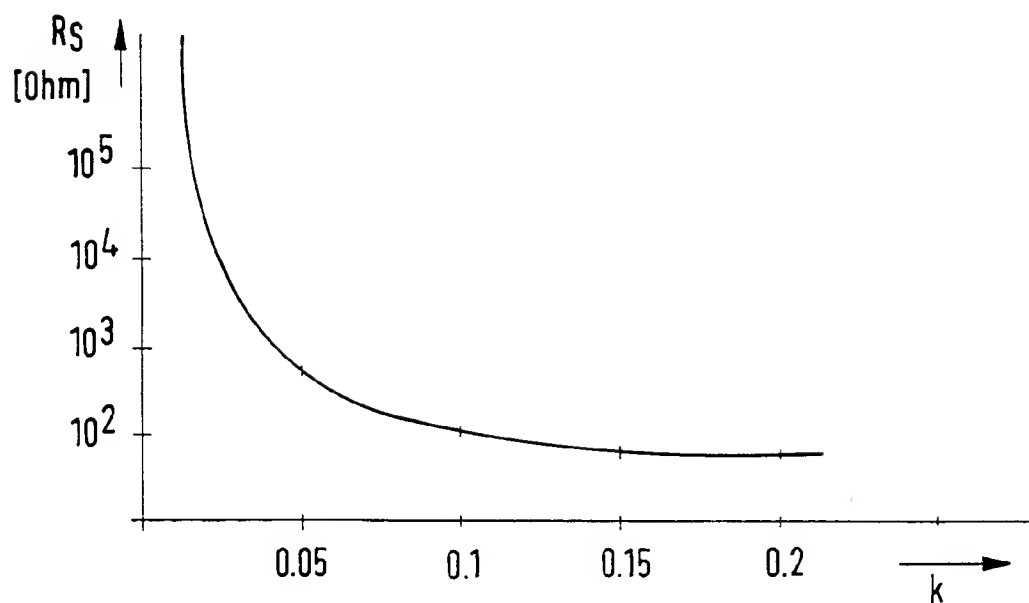


FIG. 4

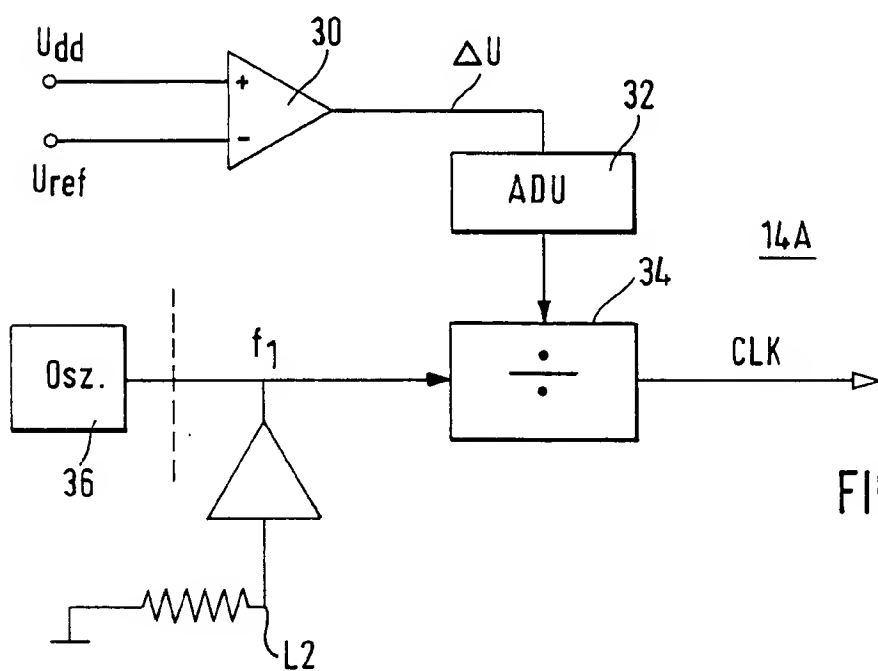


FIG. 5

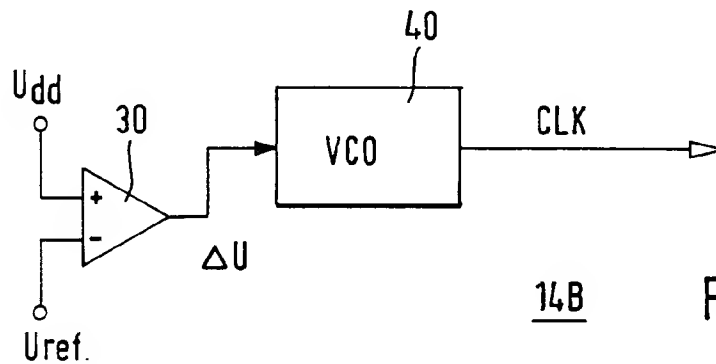


FIG. 6